

PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* PADA PENDISTRIBUSIAN AIR GALLON MENGGUNAKAN ALGORITMA KOLONI LEBAH

Yakobus Beni^{1§}, Fransiskus Fran², Yudhi³

¹Program Studi Matematika, Universitas Tanjungpura [Email: yakobus.beni@student.untan.ac.id]

²Program Studi Matematika, Universitas Tanjungpura [Email: fransiskusfran@math.untan.ac.id]

³Program Studi Matematika, Universitas Tanjungpura [Email: yudhi@math.untan.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Distribution is one of the problems in the business and industrial world, for example the problem of delivering supplies of raw materials and other goods to several customers, where the delivery must be carried out exactly once by one or more vehicles to each customer with a certain capacity. In its development, this problem was formulated as the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Based on the definition, CVRP is one of the most common variations of the Vehicle Routing Problem (VRP) problem to determine the optimal route with the addition of constraints in the form of homogeneous vehicle capacity. Here, we discussed the CVRP problem of the distribution route for Pak Nurrofiq's gallons of water from the depot to its customers in the Taman Sei Raya Complex, Serdam Asri Complex and Kapuas Mas Complex. The aim of this research is to create a mathematical model for the CVRP problem in the distribution of Pak Nurrofiq's drinking water and solve it using the bee colony algorithm. The bee colony algorithm is a metaheuristic algorithm based on the behavior of honey bees in searching for food sources. The research results show that the case of gallon water distribution was successfully implemented into CVRP and completed using the bee colony algorithm, 4 routes were obtained with a total distance of all routes, namely 9,068 km.

Keywords : *Homogeneous, Metaheuristic, Distribution*

1. PENDAHULUAN

Pendistribusian merupakan suatu kegiatan penyaluran produk sehingga produk dapat diterima konsumen dalam kondisi yang baik dan sesuai dengan diinginkan. Rute pendistribusian barang dari satu depot atau lebih ke beberapa customer dapat disajikan dengan suatu graf, dimana depot dan customer digambarkan sebagai simpul (vertex). Jalan yang menghubungkan antara beberapa perusahaan dan depot (customer) digambarkan sebagai sisi (edge). Pada kajian teori graf salah satu masalah optimasi yang sering dijumpai dalam pencarian rute terpendek adalah Vehicle Routing Problem (VRP). Berdasarkan definisinya VRP adalah masalah sistem distribusi yang bertujuan menciptakan jalur kendaraan yang optimal untuk sekelompok kendaraan yang diketahui kapasitasnya. Agar dapat memenuhi permintaan pelanggan dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui.

Vehicle routing problem memiliki beberapa varian tergantung pada karakteristik permasalahan yang dihadapi. Salah satu permasalahan VRP tersebut adalah Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP adalah masalah optimasi untuk menemukan rute terpendek dengan biaya minimal serta kapasitas tertentu yang telah diketahui sebelum proses pendistribusian berlangsung. Beberapa permasalahan yang sering terjadi mengenai penentuan rute adalah dengan kurang efisiennya rute pengiriman, dimana waktu tempuh lebih lama dikarenakan jarak tempuh yang panjang sehingga terjadi pemborosan dari segi jam kerja yang ada dan mengakibatkan keterlambatan kendaraan kembali lagi ke depot. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan metode yang dapat menghitung kasus rute pendistribusian barang. Pada penelitian ini akan digunakan metode algoritma koloni lebah untuk mencari solusi masalah tersebut. Algoritma ini terinspirasi dari perilaku sekumpulan lebah

berkelompok untuk mencari sumber makanan. Setelah lebah menemukan sumber makanan kemudian lebah akan kembali ke sarang dan melakukan tarian lebah (waggle dance), dengan menggunakan waggle dance semua koloni saling berkomunikasi tentang sumber makanan yang mereka temukan, sehingga lebah-lebah yang lain akan mengetahui letak dari sumber makanan yang paling dekat dari sarang

Artikel ini membahas tentang penyelesaian CVRP menggunakan algoritma koloni lebah pada pendistribusian air galon. Pengambilan data-data yang digunakan untuk menentukan jarak antar simpul menggunakan aplikasi *google maps*, kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tosa (motor roda 3). Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder yaitu jarak antar Depot air galon dan pelanggan-pelanggan, yang dimana data jarak tersebut diambil menggunakan aplikasi Google Maps yang terpasang Handphone maupun di PC. Sedangkan data primer yaitu lokasi-lokasi serta jumlah permintaan pelanggan dilakukan dengan mewawancarai pemilik depot air galon tersebut. Tujuan dari penelitian ini yaitu memodelkan kasus pendistribusian air galon kedalam CVRP yang diselesaikan dengan algoritma koloni lebah. Harapannya, solusi yang diperoleh adalah solusi optimal dengan jarak minimum

2. LANDASAN TEORI

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan suatu model yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan minimasi rute kendaraan dengan pembatas-pembatas tertentu (Kristina, 2020). VRP dikembangkan untuk bisa menyesuaikan dengan kondisi aktual yang terjadi. Solusi dari sebuah VRP adalah penentuan rute yang terbaik, minimasi ongkos transportasi, dan penyelesaian masalah optimasi dari suatu sistem distribusi dan transportasi. *Vehicle Routing Problem* (VRP) secara umum diartikan sebagai masalah penentuan rute bagi sejumlah kendaraan yang bertujuan untuk meminimasi biaya transportasi dan memenuhi sejumlah batasan yang mencerminkan karakteristik dari situasi nyata. Dalam masalah rute kendaraan, terdapat pembatasan jumlah simpul yang dikunjungi dengan satu kali perjalanan sehingga melewati semua simpul dengan rute yang berbeda yang dimulai serta berakhir pada titik awal. *Vehicle routing problem* memiliki beberapa varian tergantung

pada karakteristik permasalahan yang dihadapi. Salah satu permasalahan VRP tersebut adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan sekelompok n pelanggan yang dilayani dari depot 0, untuk d_i non negatif, permintaan pelanggan dengan n kendaraan memiliki kapasitas q_i dan jarak atau biaya yakni $C_{i,j}$ diantara 2 node dari i dan j dengan kendaraan k

Ada tiga kelompok lebah pencari pada algoritma koloni lebah ini yaitu: lebah pekerja, lebah pengamat, dan lebah pengintai. Jumlah lebah yang dipekerjakan sama dengan jumlah lebah pengamat, yaitu setengah dari jumlah koloni. Lebah pekerja akan mengeksplorasi sumber makanan dan kemudian lebah pengamat memutuskan apakah akan mengeksplorasi sumber makanan tersebut atau tidak berdasarkan informasi yang dibagikan oleh lebah pekerja. Lebah pengintai mencoba mencari sumber makanan baru melalui Lebah penari. Salah satu sumber makanan pada algoritma koloni lebah ini mewakili solusi yang mungkin dalam penyelesaian masalah optimasi. Jumlah nektar pada sumber makanan menunjukkan kualitas sumber makanan. Jumlah sumber makanan dan jumlah lebah yang dipekerjakan adalah sama. Ketika kualitas suatu sumber makanan tidak berubah selama jangka waktu tertentu, lebah pekerja yang mengeksplorasi sumber makanan tersebut akan berubah menjadi lebah pengintai. Dan begitu lebah pengintai menemukan sumber makanan baru, ia berubah kembali menjadi lebah pekerja.

Arc fitness dihitung untuk setiap kemungkinan lebah bergerak dari sumber makanan i ke sumber makanan j pada transisi ke- n , yaitu

$$\rho_{i,j,n} = \begin{cases} \lambda, & j \in F_{i,n}, |A_{i,n}| > 1 \\ \frac{1 - \lambda |A_{i,n} \cap F_{i,n}|}{|A_{i,n} - F_{i,n}|}, & j \notin F_{i,n}, |A_{i,n}| > 1 \\ 1, & |A_{i,n}| = 1 \end{cases}$$

dengan

$\rho_{i,j,n}$: *arc fitness* antara simpul i dan j pada transisi ke $-n$

$A_{i,n}$: Himpunan simpul yang bisa dijangkau dari simpul i dan transisi ke- n

$F_{i,n}$: Himpunan berisi satu simpul yang dipilih

λ : menunjukkan probabilitas dari sebuah kota yang diikuti

Besar kemungkinan lebah bergerak dari

sumber makanan i ke sumber makanan j setelah transisi ke- n dihitung melalui persamaan berikut :

$$P_{i,j,n} = \frac{[\rho_{i,j,n}]^\alpha \left[\frac{1}{d_{i,j}}\right]^\beta}{\sum_{j \in A_{i,n}} [\rho_{i,j,n}]^\alpha \left[\frac{1}{d_{i,j}}\right]^\beta}$$

dengan

- $P_{i,j,n}$: peluang percabangan dari simpul i ke simpul j saat transisi ke $-n$
- $d_{i,j}$: Jarak lokasi antara simpul i dan j
- α : Parameter biner yang berfungsi untuk menunjukkan pengaruh dari *arc fitness*
- β : Parameter yang berfungsi untuk mengontrol signifikansi level jarak antar Simpul

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada artikel ini di bahas kasus CVRP yang dimana mencari rute terbaik dengan mempertimbangkan kapasitas-kapasitas yang ada pada pendistribusian isi ulang galon pada depot air minum Pak Nurrofiq yang berlokasi di dikompleks Taman Sei Raya, Kompleks Serdam Asri, dan Kompleks Kapuas Mas di Desa Sei Raya Dalam, Kecamatan Sei Raya, Kabupaten Kubu Raya

Masalah CVRP pada pendistribusian air galon dari depot ke pelanggan-pelanggan dapat didefinisikan sebagai suatu graf dengan $G = (V, E)$. Himpunan V terdiri atas gabungan himpunan pelanggan C dan depot, $V = \{0,1,2,\dots,34\}$. Himpunan C berupa pelanggan 1 sampai dengan 34, $C = \{0,1,2,\dots,34\}$ dan depot dinyatakan dengan 0. Variabel q_i menyatakan permintaan pelanggan ke- i . Jaringan jalan yang dilalui oleh kendaraan dinyatakan sebagai himpunan sisi berarah E yaitu penghubung antar pelanggan dengan $E = \{(i,j) \mid i,j \in V, i \neq j\}$. Semua rute dimulai dan berakhir di depot. Setiap pelanggan i untuk setiap $i \in C$ memiliki permintaan d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap sisi $(i,j) \in E$ memiliki jarak tempuh C_{ij} , dan juga jarak tempuh diasumsikan simetrik yaitu $C_{ij} = C_{ji}$.

Asumsi yang digunakan dalam permasalahan ini adalah:

- a) Kendaraan yang digunakan hanya 1 kendaraan yaitu motor roda tiga
- b) Setiap pelanggan hanya dikunjungi satu kali, jumlah permintaan air galon setiap pelanggan berdasarkan data yang

diminta tanggal 9 Mei 2023

- c) Jumlah lokasi pelanggan yang dikunjungi adalah 34 pelanggan, dengan jumlah simpul pendistribusian sejumlah 35 simpul (34 simpul pelanggan air galon dan 1 simpul depot air galon)
- d) Setiap lokasi pelanggan akan dilayani tepat satu kali oleh kendaraan motor roda tiga.

Setiap lokasi pelanggan terhubung satu sama lain dan jarak antar pelanggan simetris yang artinya jarak simpul i ke simpul j sama dengan jarak simpul j ke simpul i . Jarak antara simpul yang sama selalu nol. Jalur antara simpul i dan simpul j merupakan jarak tempuh rekomendasi yang diperoleh menggunakan aplikasi *google maps*. Rute yang dipilih adalah rute dengan jarak terpendek dan jarak perjalanannya simetris, sehingga berlaku asumsi $C_{ij} = C_{ji}$.

Didefinisikan C_{ij} merupakan jarak tempuh dari simpul i ke simpul j . Sedangkan X_{ij} mempresentasikan ada tidaknya jalur dari simpul i ke simpul j .

Berikut adalah model matematika CVRP.

$$X_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{jika ada perjalanan dari } i \text{ ke } j \\ 0, & \text{jika tidak ada perjalanan dari } i \text{ ke } j \end{cases}$$

Keterangan :

- Q_k : Merupakan kapasitas maksimum kendaraan k
- D_k : Maksimal jarak yang ditempuh oleh suatu kendaraan
- d_{ij} : Jarak lokasi antara simpul i dan j
- q_i : Merupakan total permintaan pelanggan ke- i
- l : Jumlah atau banyaknya kendaraan

Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimalkan jarak yang ditempuh dalam mendistribusikan air galon ke setiap pelanggan sehingga fungsi tujuannya adalah sebagai berikut

$$\text{Min } Z = \sum_{i=0}^{34} \sum_{j=0}^{34} C_{i,j} X_{i,j}$$

Fungsi tujuan dari Sigma tersebut adalah meminimalkan jarak perjalanan dari i ke j dan dari j ke i untuk i dari 0 sampai 34 dan untuk j dari 0 sampai 34 dengan $C_{i,j}$ adalah jarak tempuh yang dilakukan kendaraan k dari j ke i atau dari i ke j dan $X_{i,j}$ adalah memastikan kendaraan berjalan dari i ke j dan dari j ke i

Dengan kendala-kendala,

1. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu

kali oleh suatu kendaraan

$$\sum_{j=0}^{34} X_{0,j} = 1$$

⋮

$$\sum_{j=0}^{34} X_{34,j} = 1$$

2. Setiap Pengantar air galon mengunjungi pelanggan pasti akan meninggalkan pelanggan atau air galon tersebut :

$$\sum_{i=0}^{34} X_{i,t} - \sum_{j=0}^{34} X_{t,j} = 0, \quad t = 0,1,2, \dots, 34$$

3. Jarak tempuh maksimum yang boleh dilakukan oleh kendaraan dalam pendistribusian air galon ke semua pelanggan

$$\sum_{i=0}^{34} \sum_{j=0}^{34} d_{i,j} X_{i,j} \leq 240 \text{ km}$$

4. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{i=0}^{34} q_i \left(\sum_{j=0}^{34} X_{i,j} \right) \leq 30$$

5. Setiap rute berawal dari depot

$$\sum_{j=0}^{34} X_{0,j} \leq 1$$

6. Setiap rute berakhir di depot

$$\sum_{i=0}^{34} X_{i,0} \leq 1$$

7. Variabel X_{ij} merupakan variabel biner :

$$X_{i,j} \in \{0,1\}, \quad i,j = 0,1,2, \dots, 34 ;$$

Kendala tersebut menunjukkan bahwa variable keputusannya merupakan integer biner.

Penyelesaian dengan Algoritma Koloni Lebah

1. Fase inisiasi/ input parameter

Berikut adalah nilai input parameter :

$$\alpha = 1, \quad \beta = 2, \quad \lambda = 0,7$$

2. Fase inisialisasi/ Penentuan sebarang rute awal

Rute awal merupakan sirkuit sederhana sehingga dalam penentuan rute simpul awal

sama dengan simpul akhir, sesuai dengan asumsi setiap simpul hanya dikunjungi satu kali. Berikut adalah rute awal yang digunakan dalam penelitian : 0 → 1 → 5 → 9 → 13 → 17 → 21 → 25 → 29 → 33 → 0 → 2 → 6 → 10 → 14 → 18 → 22 → 26 → 30 → 34 → 0 → 3 → 7 → 11 → 15 → 19 → 23 → 27 → 31 → 0 → 4 → 8 → 12 → 16 → 20 → 24 → 28 → 32 → 0. Rute tersebut dibentuk secara random dan untuk jumlah rute dihasilkan berdasarkan kapasitas kendaraan roda tiga dan jumlah semua permintaan pelanggan yaitu permintaan pelanggan sebanyak 112 buah galon dan kapasitas kendaraan tersebut 30 buah galon sehingga $\frac{112}{30} = 3.733333333$ sehingga dapat kita genapkan menjadi 4 rute yang sangat optimal.

3. Pengujian rute awal dengan Metode Nearest Neighbor yaitu pencarian jarak terdekat dari titik lokasi

a.) Pencarian Rute pertama

Iterasi 1:

Ketika transisi pertama, himpunan $A_{Depot,0}$ dan $F_{Depot,0}$ berdasarkan sebarang rute awal adalah

$$A_{Depot,0} = \{1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32\}$$

dari himpunan simpul pada $A_{i,n}$ sesuai dengan rute yang digunakan dalam pendistribusian air galon maka diambil satu sebarang simpul yaitu

$$F_{Depot,0} = \{1\}$$

Pada saat transisi pertama, *acr fitness* yang dihitung adalah nilai-nilai *arc fitness* untuk semua jalur yang mungkin dari lokasi awal Depot ke setiap elemen $A_{Depot,1}$. Berikut nilai *arc fitness* untuk proses pengujian transisi pertama:

$$\rho_{0,j,1} = \frac{1 - \lambda}{|A_{0,1} - F_{0,1}|} = \frac{1}{110}$$

Dengan menggunakan matriks jarak lokasi pelanggan dan parameter-parameter yang telah diketahui pada langkah 1, diperoleh :

$$\begin{aligned}
 P_{0,1,1} &= \frac{[\rho_{0,1,1}]^\alpha \left[\frac{1}{d_{0,1}}\right]^\beta}{\sum_{j \in A_{0,1}} [\rho_{0,1,1}]^\alpha \left[\frac{1}{d_{0,1}}\right]^\beta} \\
 &= \frac{\left[\frac{1}{110}\right]^1 \left[\frac{1}{90}\right]^2}{2,35199142 \times 10^{-6}} \\
 &= 0,4771847595
 \end{aligned}$$

Perhitungan peluang dari simpul depot ke simpul pelanggan selanjutnya dilakukan secara analog. Berikut ini adalah tabel peluang dari simpul depot ke simpul $j \in F_{Depot,0}$.

Tabel 3.2 Nilai Peluang dari Depot Kepelanggan Berikutnya di Rute Pertama

si mp <ul style="list-style-type: none">	$P_{1,j,2}$	sim pul	$P_{1,j,2}$
1	0,36376575	18	0,00536853156
2	0,1942595203	19	0,00767562095
3	0,1282416365	20	0,00765220183
4	0,06206022483	21	0,00299485398
5	0,03014679425	22	0,00312479323
6	0,007099882988	23	0,00294402287
7	0,009759173286	24	0,00519439245
8	0,03014679425	25	0,00536853156
9	0,02273535937	26	0,00767562095
10	0,02839953195	27	0,00765220183
11	0,02273535937	28	0,00299485398
12	0,01424907072	29	0,00312479323
13	0,007099882988	30	0,00294402287

14	0,005683839843	31	0,00274807570
15	0,005396097787	32	0,00298914134
16	0,004765547821	33	0,00243979332
17	0,00519439245	34	0,00249976844

Untuk perhitungan iterasi selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan iterasi berhenti pada saat kapasitas angkut kendaraan tidak cukup untuk diantarkan kelokasi pelanggan berikut yang artinya rute tidak dapat disisipkan lagi. Dengan demikian pendistribusian air galon tahap penentuan rute awal menghasilkan rute pertama yaitu $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 0$ dengan total jaraknya 1,09

b). Pencarian rute kedua

Proses pengujian rute kedua ini dilakukan secara analog terhadap pencarian rute pertama dengan menghitung *arc fitness* dan peluang simpul paling besar dari simpul depot dan simpul pelanggan yang belum dilayani pada rute pertama. Dengan demikian pendistribusian air galon tahap penentuan rute awal menghasilkan rute kedua yaitu $0 \rightarrow 10 \rightarrow 13 \rightarrow 8 \rightarrow 20 \rightarrow 14 \rightarrow 21 \rightarrow 18 \rightarrow 0$ dengan total jaraknya 1,88 km.

c). Pencarian rute ketiga

Proses pengujian rute ketiga ini dilakukan secara analog terhadap pencarian rute kedua dengan menghitung *arc fitness* dan peluang simpul paling besar dari simpul depot dan simpul pelanggan yang belum dilayani pada rute pertama. Dengan demikian pendistribusian air galon tahap penentuan rute awal menghasilkan rute ketiga yaitu $0 \rightarrow 7 \rightarrow 19 \rightarrow 34 \rightarrow 33 \rightarrow 32 \rightarrow 23 \rightarrow 22 \rightarrow 24 \rightarrow 0$ dengan total jaraknya 2,741 km.

d). Pencarian rute keempat

Proses pengujian rute keempat ini dilakukan secara analog terhadap pencarian rute ketiga dengan menghitung *arc fitness* dan peluang simpul paling besar dari simpul depot dan simpul pelanggan yang belum dilayani pada rute pertama. Dengan demikian pendistribusian air galon menghasilkan rute keempat yaitu $0 \rightarrow 15 \rightarrow 17 \rightarrow 16 \rightarrow 26 \rightarrow 28 \rightarrow 31 \rightarrow 30 \rightarrow$

29 → 27 → 25 → 0 dengan total jaraknya 3,513 km.

Didapat solusi awal pada pengujian rute awal dengan metode Nearest Neighbour dengan rute 0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 9 → 11 → 12 → 0 → 10 → 13 → 8 → 20 → 14 → 21 → 18 → 0 → 7 → 19 → 34 → 33 → 32 → 23 → 22 → 24 → 015 → 17 → 16 → 26 → 28 → 31 → 30 → 29 → 27 → 25 → 0 dan total jarak keseluruhan rute yaitu 9,224 km..

4. Tahap *wagle dance*

Jumlah makanan dari suatu sumber makanan diekspresikan melalui persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 B_i &= \frac{1}{L_1} \\
 &= \frac{1}{14,792} \\
 &= 0,06760411032990806
 \end{aligned}$$

B_i merepresentasikan kualitas makanan atau jumlah makanan yang dikumpulkan oleh lebah i . Semakin pendek jarak lokasi kedepot, maka jumlah makanan yang dikumpulkan akan semakin banyak

Lakukan pengulangan sebanyak iterasi yang telah ditentukan atau kriteria perhentian terpenuhi. Berikut hasil akhir iterasi (kriteria perhentian terpenuhi) pada penyelesaian algoritma koloni lebah.

Tabel 3.7 Hasil Penyelesaian dengan Algoritma Koloni Lebah

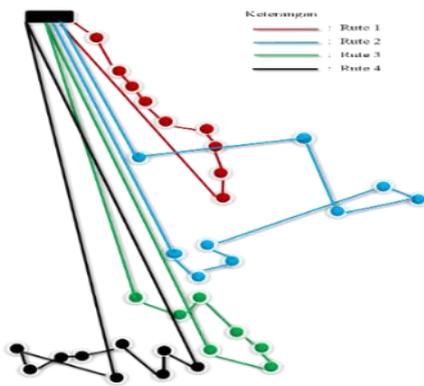
Iterasi	Jarak (km)	Air galon terangkut (Per Route)
1	14,792	29
		27
		29
		27
2	13,779	29
		27
		29
		27
3	12,789	29
		27
		29
		27
4	11,600	29
		27
		29
		27
5	9,929	29
		29
		28
		28
6	9,068	29
		28
		28
		28

Berdasarkan tahapan-tahapan dalam menyelesaikan CVRP dengan algoritma lebah pada kasus pendistribusian air minum isi ulang atau isi ulang galon Pak Nurrofiq dipilihlah solusi yang minimum yaitu solusi kedua dengan jarak rute lengkapnya yaitu 9,068 km.

Berikut adalah rute penyelesaian CVRP dengan algoritma koloni lebah pada kasus pendistribusian air minum isi ulang atau isi ulang galon.

0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 9 → 11 → 12 → 13 → 0 → 6 → 10 → 15 → 17 → 16 → 20 → 14 → 21 → 8 → 0 → 7 → 19 → 18 → 34 → 33 → 32 → 23 → 0 → 22 → 24 → 25 → 26 → 28 → 31 → 30 → 29 → 27 → 0

Berikut adalah solusi optimal yang diperoleh dalam penyelesaian CVRP dengan algoritma koloni lebah, rute pertama berwarna merah, rute kedua berwarna biru, rute ketiga berwarna hijau dan rute keempat berwarna hitam.



Gambar 3.4 Rute pendistribusian air galon ke setiap pelanggan

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan mengenai kasus *capacitated vehicle routing problem* yang diselesaikan dengan algoritma koloni lebah, maka dapat disimpulkan kasus pendistribusian air galon ini Sukses dimodelkan dengan CVRP dan berhasil diselesaikan menggunakan algoritma koloni lebah. Berikut adalah permodelan CVRP yang bisa kita gunakan untuk menyelesaikan kasus pendistribusian air galon yaitu meminimumkan total jarak tempuh perjalanan dengan batasan-batasan tertentu.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=0}^{34} \sum_{j=0}^{34} C_{i,j} X_{i,j}$$

Dengan $C_{i,j}$ adalah jarak yang ditempuh perjalanan dari pelanggan i ke pelanggan j dan $X_{i,j}$ adalah memastikan bahwa adanya perjalanan dari pelanggan i ke pelanggan j . Kemudian di selesaikan dengan algoritma koloni lebah dengan tahapan yaitu : Input parameter, fase inisialisasi atau pembentukan rute awal, tahap *forage* dan tahap *wagle dance* dan algoritma koloni lebah berhasil diimplementasikan untuk menyelesaikan *capacitated vehicle routing problem* yaitu menyelesaikan kasus pendistribusian air galon kesetiap pelanggan dengan diambil 2 solusi yang optimal, kemudian dipilih 1 solusi yang minimum dengan total jarak tempuh dari keseluruhan rute yaitu 9,068 km

DAFTAR PUSTAKA

Adventia, A., Novianingsih, K., & Serviana, H. (2018). Penyelesaian Masalah Pendistribusian Barang Menggunakan

Algoritma *Bee Colony Optimization*. *EurekaMatika*, 6, 64-72.

Aisyah, H., & Ahyaningsih, F. (2019). Penyelesaian *Vehicle Routing Problem* Dengan Menggunakan Algoritma *Tabu Search* Untuk Menentukan Rute Distribusi Yang Optimal. *Karismatika*, 5, 58-68.

Arifin, M. D., & Laksito, A. D. (2019). Implementasi Algoritma *Bee Colony* Untuk Optimasi Rute Distribusi Carica Nida Food Wonosobo. *Sistemasi*, 8, 244-253.

Bakhayt, A.-G. K., AlSattar, H. A., & Abbas, I. T. (2017). Solving CVRP by Using Two-Stage (DPSOTS) Algorithm. *Journal of Pure and Applied Mathematics*, 13, 1554-1568.

Kristina, S., Sianturi, R. D., & Husnadi, R. (2020). Penerapan Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan Google OR-Tools Untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat Pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi. *Jurnal Telematika*, 15, 101-106.

Kusumah, R., & Lesmono, J. (2016). Penerapan Algoritma *Bee Colony* Untuk Menyelesaikan *Traveling Salesman Problem*. *Prosiding : Seminar Nasional Matematika*, 11, hlm. MS 33-40.

Marsudi. (2016). *Teori Graf*. Malang: University of Brawijaya.

Nakrani, S., & Tovey, C. (2004). On Honey Bees and Dynamic Server Allocation in Internet Hosting Centers. *Adaptive Behavior*, 12, 223-240.

Nurdiana, D. (2015). Implementasi Algoritma Lebah Untuk Pencarian Jalur Terpendek Dengan Mempertimbangkan Heuristik.

- Jurnal Pendidikan Matematika*, 4, 66-74.
- Pratiwi, A. A., & Sari, E. R. (2018). Aplikasi Algoritma Koloni Lebah Dan Metode *Nearest Neighbour* Untuk Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem*. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 7, 1-13.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia : Society For Industrial And Applied Mathematics.
- Ulyawati, I. (2016). Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* Dengan Algoritma *Harmony Search* dan Algoritma *Tabu Search*. Universitas Jember. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Jember. (Skripsi)
- Widiartha, I. M., Sanjaya, N. A., & Santiyasa, I. W. (2019). Penerapan *Crossover* Pada Perilaku Lebah Scout Dalam Algoritma *Artificial Bee Colony* Untuk Optimasi *Vehicle Routing Problem*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 5, 50-57.
- Yu, W., Li, X., Cai, H., Zeng, Z., & Li, X. (2018). An Improved Artificial Bee Colony Algorithm Based on Factor Library and Dynamic Search Balance. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–16.
- Zahra, S. (2021). Optimasi *Vehicle Routing Problem* Dengan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* Pada Pendistribusian Paku di PT Putra Bandar. Universitas Medan Area. Fakultas Teknik. Medan.(Skripsi)